

**Turbomachinery rotor blades**

**Patent number:** DE3507578  
**Publication date:** 1985-09-12  
**Inventor:** BARRY BRIAN (GB)  
**Applicant:** ROLLS ROYCE (GB)  
**Classification:**  
- **international:** F01D5/20; F01D5/18  
- **european:** F01D5/20  
**Application number:** DE19853507578 19850304  
**Priority number(s):** GB19840006324 19840310

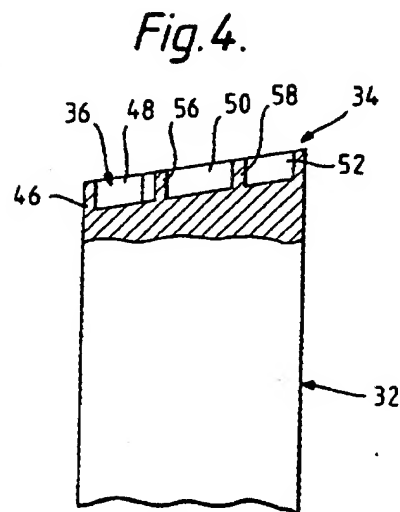
**Also published as:**

JP60206903 (A)  
GB2155558 (A)  
FR2560929 (A1)

Abstract not available for DE3507578

Abstract of corresponding document: **GB2155558**

An unshrouded turbine rotor blade for use particularly in gas turbine engines comprises an aerofoil 32 which has a recess at its radially outer extremity. The recess 36 is defined by a peripheral wall 46, and a number of transverse walls 56, 58 (60) extend across the recess 36 and intersect the mean chord line of the aerofoil 32 and divide the recess 36 into a number of chambers 48, 50, 52, (54). The peripheral wall 46, the transverse walls 56, 58, (60), the chambers 48, 50, 52, (54) and a cooperating stationary shroud (38) form a labyrinth seal to control a leakage flow of hot gases between the radially outer extremity of the aerofoil 32 and the shroud (38). The optimum reduction in the leakage flow of hot gases between the radially outer extremity of the aerofoil and the shroud is achieved when the transverse walls are positioned substantially perpendicular to the direction of the leakage flow.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

**BEST AVAILABLE COPY**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 3507578 A1**

⑤① Int. Cl. 4:  
**F01D 5/20**  
F 01 D 5/18

②① Aktenzeichen: P 35 07 578.3  
②② Anmeldetag: 4. 3. 85  
②③ Offenlegungstag: 12. 9. 85

③⑦ Unionspriorität: ③② ③③ ③①  
10.03.84 GB 8406324

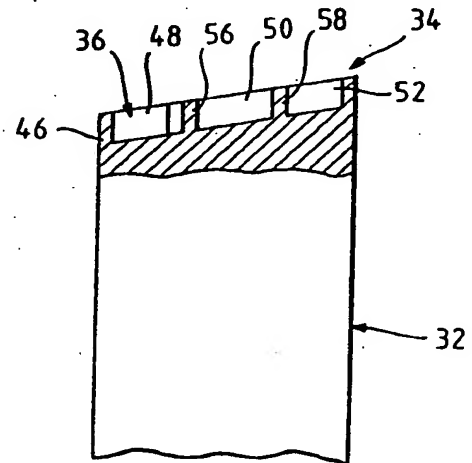
⑦① Anmelder:  
Rolls-Royce Ltd., London, GB

⑦④ Vertreter:  
Wallach, C., Dipl.-Ing.; Koch, G., Dipl.-Ing.; Haibach,  
T., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Feldkamp, R., Dipl.-Ing.,  
Pat.-Anw., 8000 München

⑦② Erfinder:  
Barry, Brian, Duffield, Derby, GB

⑤④ **Turbinenlaufschaufel ohne Deckband**

Eine Turbinenlaufschaufel ohne Deckband, insbesondere zur Anwendung bei einem Gasturbinentriebwerk weist ein Schaufelblatt 32 auf, welches eine Ausnehmung 36 am radial äußeren Ende besitzt. Die Ausnehmung 36 ist durch eine Umfangswand 46 und mehrere querverlaufende Wände 56, 58 definiert, die über die Ausnehmung 36 verlaufen und die mittlere Sehnenlinie des Schaufelblattes 32 schneiden und die Ausnehmung 36 in mehrere Kammern 48, 50, 52 unterteilen. Die Umfangswand 46, die querverlaufenden Wände 56, 58, die Kammern 48, 50, 52 und ein hiermit zusammenwirkender stationärer Schaufelring bilden eine Labyrinthdichtung, um die Leckströmung heißer Gase zwischen dem radial äußeren Ende des Schaufelblattes 32 und dem Mantelring zu verhindern. Die optimale Verminderung der Leckströmung der heißen Gase zwischen dem radial äußeren Ende des Schaufelblattes und dem Mantelring wird dann erreicht, wenn die Querwände im wesentlichen senkrecht zur Richtung der Leckströmung verlaufend angeordnet sind.



DE 3507578 A1

DE 3507578 A1

Patentanwälte

Europäische Patentvertreter  
European Patent Attorneys

3507578

Dipl.-Ing. Curt Walläch  
Dipl.-Ing. Günther Koch  
Dipl.-Phys. Dr. Tino Haibach  
Dipl.-Ing. Rainer Feldkamp

D-8000 München 2 · Kaufingerstraße 8 · Telefon (0 89) 2 60 80 78 · Telex 5 29 513 wakai d

Datum: 4. März 1985  
Unser Zeichen: 18 095 - K/Ap

Rolls-Royce Limited  
65 Buckingham Gate  
London SW1E 6AT  
England

### Turbinenlaufschaufel ohne Deckband

#### Patentansprüche:

1.

Turbinenlaufschaufel ohne Deckband, mit einem Schaufelblatt, dessen radial äußeres Ende eine Ausnehmung besitzt, die durch eine Umfangswand definiert wird, wobei wenigstens eine Wand über die Ausnehmung verläuft und wenigstens zwei Kammern bildet und die Umfangswand und die eine Wand über die Ausnehmung verlaufen, und wobei die beiden Kammern und ein damit zusammenwirkender stationärer Schaufelring im Betrieb eine Labyrinthdichtung bilden, um einen Leckstrom heißer Gase zwischen dem radial äußeren Ende des Schaufelblattes und dem Schaufelring zu steuern, dadurch gekennzeichnet, daß die eine Wand (56,58,60) quer über die Ausnehmung (36) verläuft und die mittlere Sehnenlinie des Schaufelblattes schneidet.

2. Turbinenrotorscheufel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die eine Wand (56,58,60), die quer über die Ausnehmung (36) verläuft und die mittlere Sehnenlinie schneidet, im wesentlichen senkrecht zur Leckstromrichtung der heißen Gase zwischen dem radial äußeren Ende (34) des Schaufelblattes (32) und des Mantelrings (38) verläuft.
3. Turbinenrotorscheufel nach den Ansprüchen 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Schaufelblatt zwei Wände (74,76) aufweist, die quer über die Ausnehmung (36) im radial äußeren Ende (34) des Schaufelblattes (32) verlaufen.
4. Turbinenrotorscheufel nach den Ansprüchen 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Schaufelblatt drei Wände (56,58,60) aufweist, die über die Ausnehmung (36) im radial äußeren Ende (34) des Schaufelblattes (32) verlaufen.
5. Turbinenrotorscheufel nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Schaufelblatt (32) einen inneren Aufbau von Kanälen (78,80,84) für die Kühlluftströmung aufweist.

6. Turbinenrotorschaukel nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Schaufelblatt (32) hohl ausgebildet ist und eine Außenwand (36) aufweist, die die äußere Form des Schaufelblattes (32) definiert, daß eine Innenwand (82) vorgesehen ist, die das hohle Schaufelblatt (32) in eine innere Kammer (80) und eine äußere Kammer (78) aufteilt, wobei die Innenwand (82) im Abstand zu der Außenwand (86) durch mehrere Stege gehalten wird, die von der Außenwand (86) vorstehen, und daß die Innenwand (82) mehrere Öffnungen (84) aufweist, die eine Kühlluftströmung von der Innenkammer (80) in die äußere Kammer (78) und ein Auftreffen auf der inneren Oberfläche der Außenwand (86) im Betrieb ermöglichen.
7. Turbinenrotorschaukel nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Außenwand (86) des Schaufelblattes (82) mehrere Öffnungen (88) aufweist, die Kühlluft in der äußeren Kammer (78) nach der äußeren Oberfläche der Außenwand (86) im Betrieb strömen lassen.
8. Turbinenrotorschaukel nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Schaufelblatt (32) im wesentlichen massiv aufgebaut ist.

9. Turbinenrotor,  
dadurch gekennzeichnet, daß er eine  
Vielzahl von Turbinenrotorschaufeln ohne  
Deckband gemäß einem der Ansprüche 1 bis  
8 aufweist.
10. Gasturbinentriebwerk,  
dadurch gekennzeichnet, daß es wenigstens  
einen Turbinenrotor gemäß Anspruch 9 auf-  
weist.

Die Erfindung bezieht sich auf Laufschaufeln für Turbomaschinen und insbesondere auf die Spitzenausnehmungen bei Laufschaufeln von Turbomaschinen in der Anwendung für Gasturbinentriebwerke.

Der Wirkungsgrad jeder Rotorstufe eines Gasturbinentriebwerks hängt von der Energiemenge ab, die in der Rotorstufe übertragen wird, und diese Übertragung wird insbesondere bei Schaufeln ohne Mantelring durch die Leckströmung des Arbeitsmittels begrenzt, d.h. durch den Luft- oder Gasleckstrom über die Spitzen der Laufschaufeln. Dadurch, daß die Leckluftströmung oder die Leckgasströmung über die Spitzen der Schaufeln gesteuert wird, gelingt es den Wirkungsgrad jeder Rotorstufe zu erhöhen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Schaufel für eine Turbomaschine zu schaffen, bei der die Leckluftströmung oder die Leckgasströmung über der Spitze der nicht mit einem Schaufelring bzw. Deckband versehenen Schaufel vermindert wird.

Gelöst wird die gestellte Aufgabe durch eine Turbinenlaufschaufel ohne Mantelring, die ein Schaufelblatt aufweist, dessen radial äußeres Ende eine Ausnehmung besitzt, die durch eine Umfangswand definiert ist, wobei sich wenigstens eine Querwand über die Ausnehmung erstreckt und die mittlere Sehnenlinie schneidet und dabei die nächsten zwei Kammern bildet,



und wobei die Umfangswand, die über die Ausnehmung verlaufende Wand, die Kammern und ein hiermit zusammenwirkender stationärer Schaufelring eine Labyrinthdichtung bilden, um die Leckströmung heißer Gase zwischen den radial äußeren Enden des Schaufelblattes und des Mantelrings zu steuern.

Die eine Wand, die sich quer über die Ausnehmung erstreckt und die mittlere Sehnenlinie schneidet, verläuft im wesentlichen senkrecht zur Richtung der Leckströmung heißer Gase zwischen dem radial äußeren Ende des Schaufelblattes und des Schaufelrings.

Das Schaufelblatt kann zwei oder drei Wände aufweisen, die über die Ausnehmung im radial äußeren Ende des Schaufelblattes verlaufen.

Das Schaufelblatt kann innen Kanäle zur Führung der Kühlluftströmung aufweisen.

Das Schaufelblatt kann hohl ausgebildet sein und eine Außenwand aufweisen, die die Außenform des Schaufelblattes bestimmt, während eine Innenwand den inneren Hohlraum des Schaufelblattes in eine innere und eine äußere Kammer unterteilt, wobei die Innenwand im Abstand zu der Außenwand durch mehrere Stege gehalten wird, die von der Außenwand vorstehen während die Innenwand mehrere Öffnungen aufweist, die eine Kühlluftströmung aus der inneren Kammer in die äußere Kammer und ein Auftreffen auf die innere Oberfläche der Außenwand ermöglichen.

Die Außenwand des Schaufelblattes besitzt mehrere Öffnungen, durch die Kühlluft in der äußeren Kammer nach der äußeren Oberfläche der Außenwand strömen kann.

Stattdessen kann das Schaufelblatt auch im wesentlichen massiv ausgebildet sein.

Nachstehend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Zeichnung beschrieben. In der Zeichnung zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Ansicht eines Gasturbinentriebwerks, teilweise aufgebrochen, um den Turbinenabschnitt erkennen zu lassen;
- Fig. 2 in größerem Maßstab einen Teilschnitt des Turbinenteils;
- Fig. 3 in größerem Maßstab eine Ausführungsform der Spitze der Turbinenlaufschaufel gemäß Fig. 2;
- Fig. 4 einen Schnitt nach der Linie A-A gemäß Fig. 3;
- Fig. 5 in größerem Maßstab die Richtung der Leckströmung über die Spitze der Turbinenlaufschaufel gemäß Fig. 2;

- Fig. 6 in größerem Maßstab eine Ansicht einer abgewandelten Ausführungsform der Spitze der Turbinenrotorschaukel gemäß Fig. 2;
- Fig. 7 einen Schnitt nach der Linie B-B gemäß Fig. 6;
- Fig. 8 einen Schnitt längs der Linie C-C gemäß Fig. 7.

Das Gasturbinentriebwerk 10 gemäß Figur 1 weist in Strömungsrichtung hintereinander einen Fan 12, einen Kompressor 14, eine Verbrennungseinrichtung 16, einen Turbinenabschnitt 18 und eine Schubdüse 20 auf. Der Turbinenteil 18 umfaßt mehrere Rotorstufen 22 und Statorschaufeln 26, wobei jeder Rotor 22 mehrere Turbinenschaufeln 24 aufweist, die radial vom Rotor vorstehen.

Figur 2 zeigt einen Rotor 22 und eine Turbinenschaufel 24, die an diesem Rotor festgelegt ist, und außerdem sind die benachbarten Statorschaufeln 26 ersichtlich. Die Turbinenschaufel 24 weist einen Schaufelfuß 28, eine Schaufelfußplattform 30 und ein Schaufelblatt 32 auf, wobei Schaufelfuß 28 und Schaufelblatt 32 an gegenüberliegenden Seiten der Schaufelplattform 30 befestigt sind. Das Schaufelblatt 32 weist eine Schaufelspitze 34 an dem der Plattform 30 gegenüberliegenden Ende

auf, und die Schaufelspitze 34 besitzt eine Ausnehmung 36. Ein Schaufelring 38 verläuft in Umfangsrichtung im Abstand zum Rotor 22 und ist von den radial verlaufenden Turbinenschaufeln 24 durch einen Spalt 40 im Abstand angeordnet.

Figur 3 und 4 zeigen die Ausnehmung 36 in der Schaufelspitze 34 des Schaufelblattes 32. Das Schaufelblatt 32 weist eine Vorderkante 42 und eine Hinterkante 44 sowie eine Umfangswand 46 auf, die am radial äußeren Ende des Schaufelblattes eine Ausnehmung 36 definiert. Die Ausnehmung 36 ist in eine Anzahl von Kammern 48, 50, 52 und 54 durch mehrere Wände 56, 58, 60 unterteilt, die quer über die Ausnehmung 36 verlaufen und die mittlere Sehnenlinie des Schaufelblattes schneiden.

Figur 5 zeigt die Leckstromrichtung über der Spitze 34 einer Turbinenschaufel 24. Bei Turbinen, bei denen die Turbinenlaufschaufeln kein Deckband besitzen besteht die Neigung, daß ein kleiner Anteil des Arbeitsmittels, das die Turbine durchströmt, von der konkaven Druckoberfläche 100 des Schaufelblattes nach der konvexen Saugoberfläche 102 des Schaufelblattes durch den Spalt 40 zwischen der Schaufelspitze des Schaufelblattes und dem stationären Schaufelring strömt. Diese Leckströmung ergibt sich wegen einer Druckdifferenz, die zwischen den Druck- und Saugoberflächen des Schaufelblattes besteht, und die Leckströmung bewirkt außerdem Strömungswirbel über einen großen Abschnitt der Höhe des Schaufelblattes, wodurch die Leistung der Turbine absinkt.

Die Figuren 6, 7 und 8 zeigen die Ausnehmung 36 in der Spitze 34 eines Schaufelblattes 32, die eine unterschiedliche Anzahl von Wänden aufweisen, die quer über die Ausnehmung verlaufen, wobei außerdem die Innenkonstruktion des Schaufelblattes 32 ersichtlich ist. Das Schaufelblatt besitzt einen Vorderrand 62 und einen Hinterrand 64, und eine Umfangswand 66 am radial äußeren Ende des Schaufelblattes definiert die Ausnehmung 36. Die Ausnehmung 36 ist in mehrere Kammern 68, 70 und 72 durch mehrere Wände 74, 76 unterteilt, die über die Ausnehmung 36 verlaufen und die mittlere Sehnenlinie des Schaufelblattes schneiden. Die Innenkonstruktion des Schaufelblattes ist ebenfalls dargestellt, und diese besteht bei dem Ausführungsbeispiel aus einer inneren Kammer 80 bzw. einer äußeren Kammer 78, die durch eine Innenwand 82 voneinander getrennt sind. Die Innenwand 82 besitzt mehrere Öffnungen 84, die die Innenkammer 80 mit der Außenkammer 78 verbinden, so daß Kühlluft in der inneren Kammer 80 durch die Öffnungen 84 strömen und auf die innere Oberfläche der Außenwand 86 des Schaufelblattes auftreffen kann, um die Kühlung zu unterstützen. Es können auch andere Kühlmaßnahmen vorgesehen werden, beispielsweise Öffnungen 88 in der Außenwand des Schaufelblattes, um eine Filmkühlung auf der äußeren Oberfläche der Außenwand zu erzeugen.

Eine Turbinenschaufel 24, wie sie in der Zeichnung dargestellt ist, wird allgemein durch Gießen von Schaufelfuß, Plattform und Außenwand des Schaufel-

04-03-85

3507578

- 11 -

blattes hergestellt, und die Innenwand 82 wird durch Hartverlötung mit einer Zahl von Stegen verbunden, die von der inneren Oberfläche der Außenwand 86 vorstehen. Die Spitze 34 des Schaufelblattes wird dann am radial äußeren Ende des Schaufelblattes durch Hartverlötung oder andere metallurgische Maßnahmen oder durch mechanische Mittel festgelegt.

Im Betrieb tritt Luft in das Gasturbinentriebwerk 10 ein und durchströmt dieses, wobei die Luft durch den Fan 12 und den Kompressor 14 verdichtet wird. In der komprimierten Luft wird innerhalb des Verbrennungssystems 16 Brennstoff verbrannt und die durch Verbrennung von Brennstoff und Luft erzeugten heißen Gase strömen durch den Turbinenteil 18 nach der Schubdüse 20 und von dort in die Atmosphäre. Die heißen Gase treiben die Turbinen an, die ihrerseits den Fan 12 und den Kompressor 14 über Wellen in Drehung versetzen.

Der Turbinenteil 18 weist Statorschaufeln 26 und Rotorschaufeln 24 auf, die abwechselnd aufeinanderfolgen und jede Statorschaufel 26 richtet die heißen Gase auf das Schaufelblatt 32 der Rotorschaufel 24 unter dem optimalen Winkel. Jede Rotorschaufel 24 entnimmt den heißen Gasen kinetische Energie, wenn sie über den Turbinenteil 18 abströmen, um Fan 12 und Kompressor 14 anzutreiben.

Der Wirkungsgrad, mit dem die Rotorscheaufeln 24 kinetische Energie aus den Heißgasen entnehmen, bestimmt den Wirkungsgrad der Turbine, und dies wiederum ist teilweise abhängig von dem Leckstrom der Heißgase zwischen der Spitze 34 des Schaufelblattes 32 und dem ringsum verlaufenden Mantelring 38. Durch Einstellung der Leckströmung zwischen der Spitze 34 des Schaufelblattes 32 und dem ringsherum verlaufenden Mantelring 38 kann der Wirkungsgrad der Turbine verbessert werden.

Die Leckströmung über die Spitze 34 des Schaufelblattes 32 kann dadurch vermindert werden, daß in der Spitze 34 des Schaufelblattes 32 eine Ausnehmung 36 vorgesehen wird, und diese Ausnehmung 36 besitzt mehrere Wände 56, 58 und 60, die über die Ausnehmung 36 verlaufen und die mittlere Sehnenlinie des Schaufelblattes schneiden, um mehrere Kammern 48, 50, 52 und 54 zu bilden, wie dies aus den Figuren 3 und 4 ersichtlich ist. Die Wände 56, 58 und 60 sind im wesentlichen senkrecht zur Richtung der Leckströmung angeordnet, um eine optimale Verminderung der Leckströmung zu erreichen.

Die Wände 56, 58 und 60 und die Umfangswand 46 bilden eine Labyrinthdichtung zusammen mit dem in Umfangsrichtung verlaufenden Mantelring 38. Es wird angenommen, daß eingeschlossene Wirbel in jeder Kammer 48, 50, 52 und 54 erzeugt werden, und diese eingeschlossenen Wirbel vermindern die Leckströmung zwischen der Spitze 34 der Turbinenrotorscheufel 24 und dem Mantelring 38.

Die Leckströmung muß über mehrere Wände 56, 58 und 60 abströmen, die direkt über den Strömungspfad verlaufen, und die Leckströmung wird in jeder Kammer 48, 50, 52 und 54 nacheinander durch die zugeordneten Wirbel verringert, die in jeder Kammer vorhanden sind.

In ähnlicher Weise bilden die Wände 74 und 76 und die Umfangswand 66 eine Labyrinthdichtung zusammen mit dem in Umfangsrichtung verlaufenden Schaufelring 38 gemäß Fig. 6 und 7, und die in den Kammern 68, 70 und 72 eingeschlossenen Wirbel vermindern die Leckströmung zwischen der Spitze 34, der Turbinenlaufschaufel 24 und dem Schaufelring 38.

Die Kammern, die in der Ausnehmung der Spitze des Schaufelblattes ausgebildet sind, müssen genügend groß sein um einen oder mehrere eingeschlossene Wirbel in jeder Kammer aufnehmen zu können. Wenn beispielsweise ein Honigwabenaufbau mit einer großen Zahl von Kammern benutzt wird, dann läßt sich die Leckströmung zwischen der Spitze des Schaufelblattes und dem Schaufelring nicht wesentlich vermindern, weil keine Wirbel in den Kammern des Honigwabenaufbaus sich ausbilden können.

Die Ausnehmung in der Spitze des Schaufelblattes und die Wände, die quer über die Ausnehmung verlaufen, können bei massiven Turbinenschaufeln oder bei Turbinenschaufeln Anwendung finden, die hohl ausgebildet sind und innere Kühlkanäle besitzen.



18095

Nummer:

Int. Cl.3:

Anmeldetag:

Offenlegungstag:

35 07 578

F 01 D 5/20

4. März 1985

12. September 1985

Fig. 1.

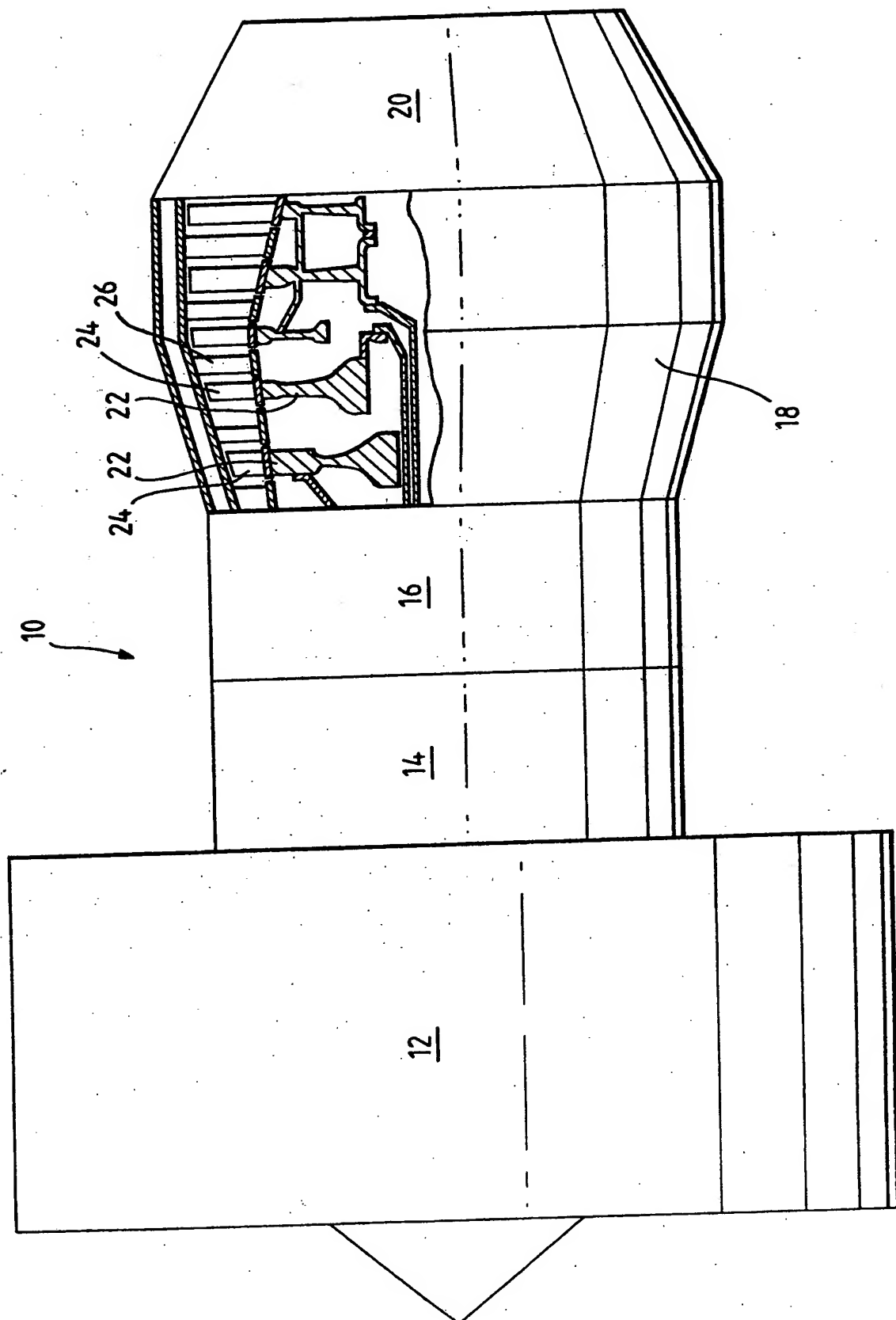


Fig. 2.

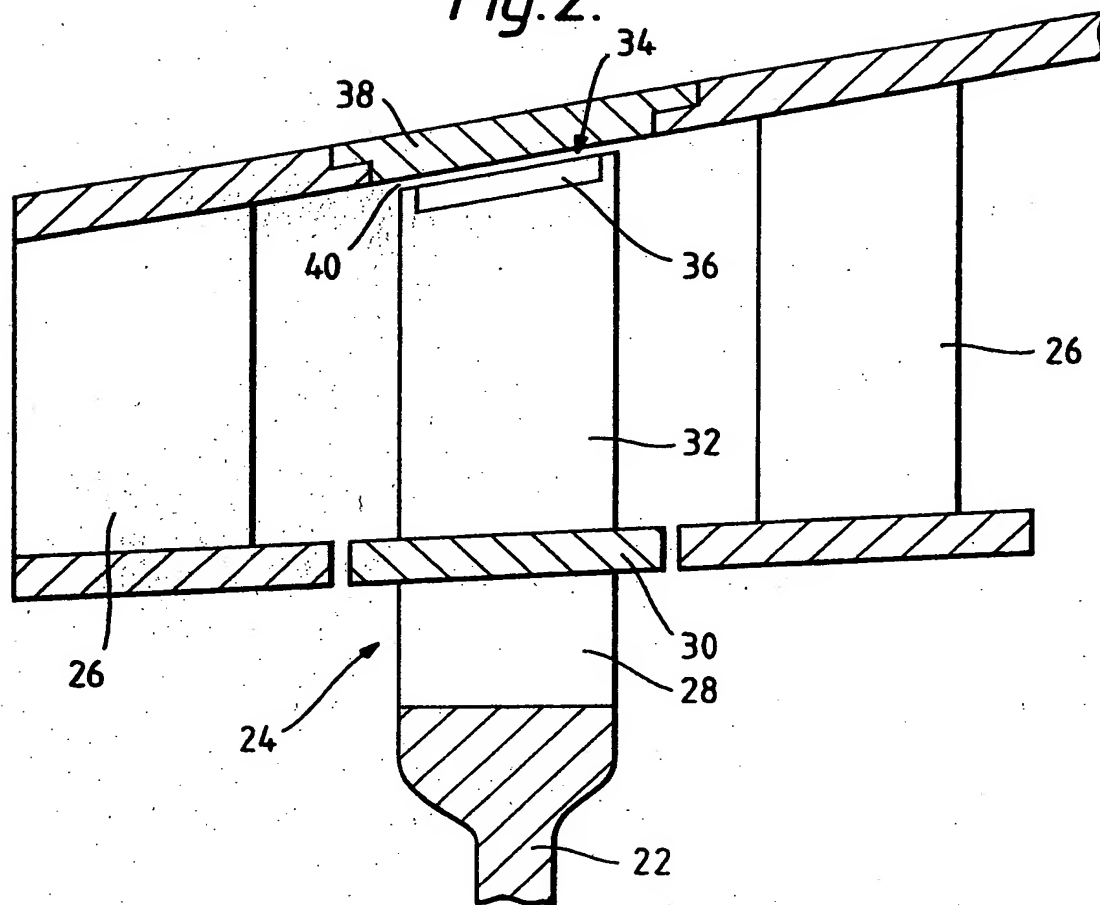
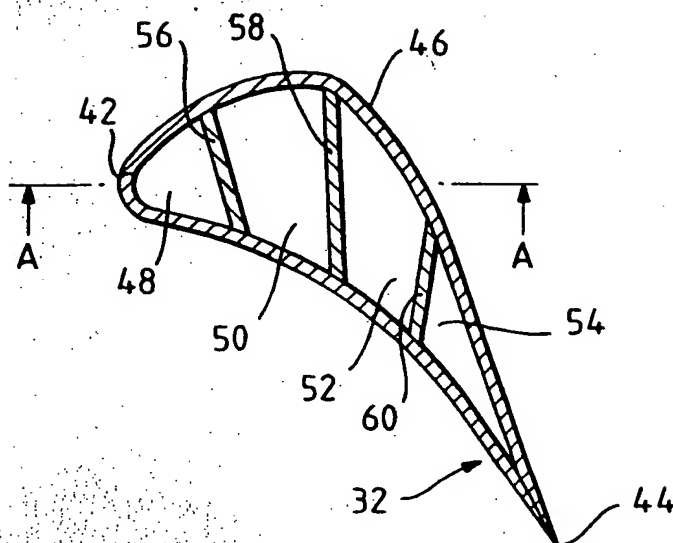


Fig. 3.



04-03-88

-15-

18095  
3507578

Fig.4.

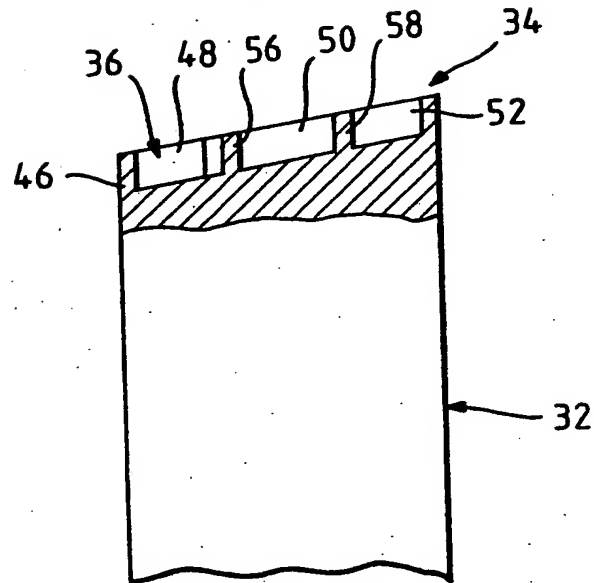


Fig.5.

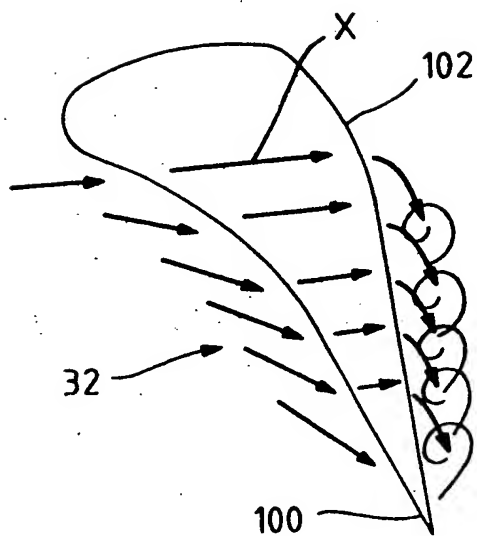


Fig.6.

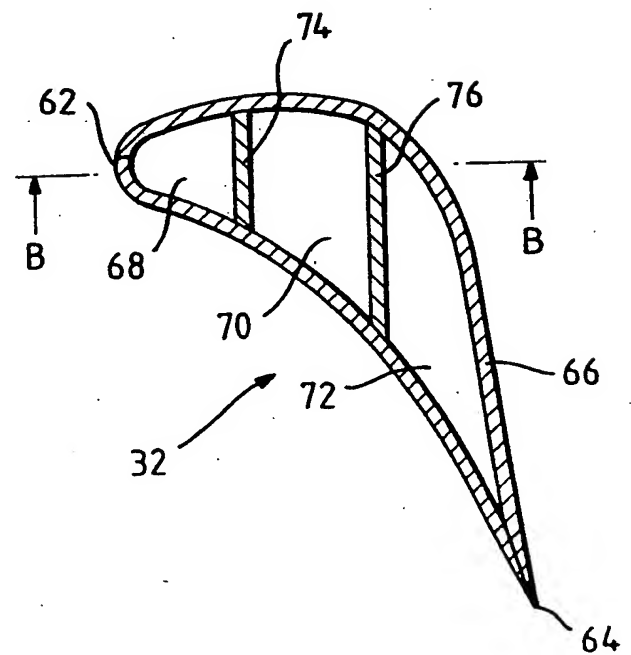


Fig. 7.

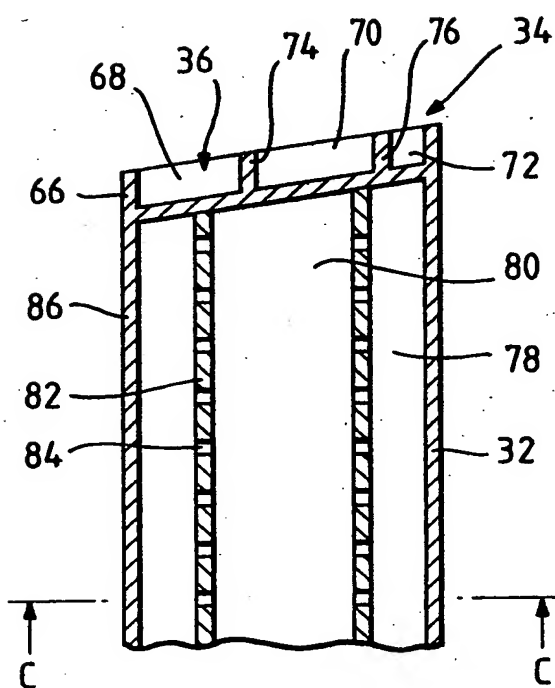


Fig. 8.

